

Requested Patent: DE19633558A1  
Title: ULTRASONIC METHOD OF FLOW MEASUREMENT FOR FLUIDS ;  
Abstracted Patent: DE19633558 ;  
Publication Date: 1998-02-26 ;  
Inventor(s): POL RONALD VAN DER DIPL ING (NL) ;  
Applicant(s): KROHNE MESSTECHNIK KG (DE) ;  
Application Number: DE19961033558 19960821 ;  
Priority Number(s): DE19961033558 19960821 ;  
IPC Classification: G01F1/66 ;  
Equivalents: ;

ABSTRACT:

The method employs a measurement tube (1) on which are positioned at least two ultrasonic transducers (4, 5) which beam to and receive from at least one measurement path (3), ultrasonic pulses (2). From the echo time of the pulses the mean flow speed of the medium is determined and from that the flow. From a Doppler shift of the ultrasonic pulses (8) reflected along the measurement path by the inhomogeneities (7) contained in the medium and the echo time of these pulses a flow profile of the medium is determined. From the profile a correction is applied to the value of the mean flow speed.



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 33 558 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 F 1/66**

②① Aktenzeichen: 196 33 558.2  
②② Anmeldetag: 21. 8. 96  
②③ Offenlegungstag: 26. 2. 98

DE 196 33 558 A 1

⑦① Anmelder:  
Krohne Meßtechnik GmbH & Co KG, 47058 Duisburg,  
DE

⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte Gesthuysen, von Rohr, Weidener,  
Schüll, Häckel, 45128 Essen

⑦② Erfinder:  
Pol, Ronald van der, Dipl.-Ing., Venlo, NL

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

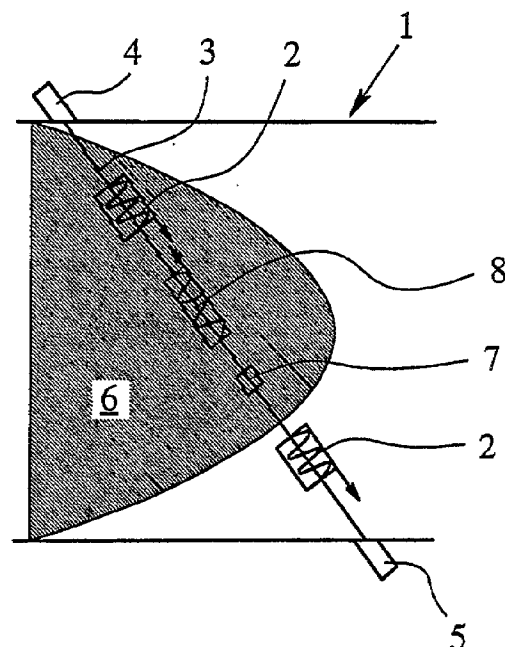
DE 43 36 369 C1  
DE 42 32 526 A1  
DE 35 39 948 A1  
EP 02 68 314 A1

JP 53-33231 A. In: Pat. Abst. of JP E-156 Dec. 4, 1979  
Vol. 3/ No. 146;  
JP 59-126212 A. In: Pat. Abst. of JP P-315 Nov. 21,  
1984 Vol. 8, No. 254;  
BERNARD, H.: Ultraschall-Durchflußmessung. In:  
Das Handbuch für Ingenieure, zweite Ausgabe,  
Sensoren, Meßaufnehmer, Herausgeber:  
Bonfig/Bartz/Wolff, expert verlag, S. 532-545;  
VDI/VDE-Richtlinie 2642;  
Ultraschall-Durchführung von Fluiden in voll  
durch-strömten Rohrleitungen;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Ultraschall-Durchflußmeßverfahren

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Ultraschall-Durchflußmeßverfahren für strömende Medien, mit Hilfe eines Meßrohres (1) und mit Hilfe mindestens zweier, am Meßrohr (1) angebrachter Ultraschallimpulse (2) auf mindestens einen Meßpfad (3) abstrahlender und vom Meßpfad (3) empfangender Ultraschallwandler (4, 5), bei welchem die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Mediums durch das Meßrohr (1) aus der Laufzeit der Ultraschallimpulse (2) über den Meßpfad (3) und aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit der Durchfluß bestimmt wird.  
Das bekannte Ultraschall-Durchflußmeßverfahren ist erfindungsgemäß dadurch ausgestaltet, daß aus einer Dopplerverschiebung der an in dem strömenden Medium enthaltenen Inhomogenitäten (7) entlang des Meßpfads (3) reflektierten Ultraschallimpulse (8) und der Laufzeit der reflektierten Ultraschallimpulse ein Strömungsprofil des strömenden Mediums bestimmt und anhand des so gewonnenen Strömungsprofils der Wert für die mittlere Strömungsgeschwindigkeit korrigiert wird.



DE 196 33 558 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01.98 702 069/142

7/22

Die Erfindung betrifft ein Ultraschall-Durchflußmeßverfahren für strömende Medien, mit Hilfe eines Meßrohres und mit Hilfe mindestens zweier am Meßrohr angebrachter, Ultraschallimpulse auf mindestens einen Meßpfad abstrahlender und vom Meßpfad empfangender Ultraschallwandler, bei welchem die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Mediums durch das Meßrohr aus der Laufzeit der Ultraschallimpulse über den Meßpfad und aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit der Durchfluß bestimmt wird.

Der Einsatz von Ultraschall-Durchflußmessern hat in zunehmendem Maße bei der betrieblichen Durchflußmessung von Flüssigkeiten und Gasen, zusammengefaßt strömende Medien, Bedeutung gewonnen. Die Durchflußmessung erfolgt — wie bei magnetisch-induktiven Durchflußmessern — "berührungsfrei", d. h. ohne störende Einbauten in der Strömung, die stets Verwirbelungen und einen erhöhten Druckverlust zur Folge haben.

Bei Ultraschall-Durchflußmessern unterscheidet man hinsichtlich des Meßverfahrens vor allem zwischen dem Laufzeit-Verfahren und dem Doppler-Verfahren, beim Laufzeit-Verfahren zwischen dem direkten Laufzeitdifferenz-Verfahren, dem Impulsfolgefrequenz-Verfahren und dem Phasenverschiebungs-Verfahren (vgl. H. Bernard "Ultraschall-Durchflußmessung" in "Sensoren, Meßaufnehmer", herausgegeben von Bonfig/Bartz/Wolff im expert verlag, ferner die VDI/VDE-RICHTLINIE 2642 "Ultraschall-Durchflußmessung von Flüssigkeiten in voll durchströmten Rohrleitungen").

Zum apparativen Aufbau eines Ultraschall-Durchflußmessers der in Rede stehenden Art gehören funktionsnotwendig einerseits ein Meßrohr, das in der Regel zusammen mit einer Einlaufstrecke und einer Auslaufstrecke die Meßstrecke darstellt, und andererseits mindestens zwei in Strömungsrichtung gegeneinander versetzt angeordnete Ultraschallwandler, die auch als Meßköpfe bezeichnet werden. Dabei ist Ultraschallwandler sehr allgemein zu verstehen. Zunächst gehören zu den Ultraschallwandlern einerseits Ultraschallsender, also Meßköpfe zur Erzeugung und zur Abstrahlung von Ultraschallsignalen, andererseits Ultraschallempfänger, also Meßköpfe zum Empfang von Ultraschallsignalen und zur Umwandlung der empfangenen Ultraschallsignale in elektrische Signale. Zu den Ultraschallwandlern gehören aber auch Meßköpfe, die Ultraschallsender und Ultraschallempfänger in sich vereinigen, die also sowohl der Erzeugung und der Abstrahlung von Ultraschallsignalen als auch dem Empfang von Ultraschallsignalen und der Umwandlung der empfangenen Ultraschallsignale in elektrische Signale dienen.

Die Laufzeit eines Ultraschallsignals auf dem Meßpfad von dem sendenden Ultraschallwandler zu dem empfangenden Ultraschallwandler in einer Flüssigkeit ergibt sich aus der Schallgeschwindigkeit und der Strömungsgeschwindigkeit (Mitführung). Daraus ist das in Rede stehende Prinzip der Ultraschall-Durchflußmessung nach dem Laufzeit-Verfahren abgeleitet. Es werden z. B. beim Laufzeitdifferenzverfahren in der Flüssigkeit Ultraschallsignale wechselweise oder gleichzeitig stromauf und stromab gesendet. Wegen der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit erreichen die Signale bei gleich langem geometrischen Meßpfad stromab und stromauf die Empfänger nach unterschiedlichen Laufzeiten. Die Zeitdifferenz zwischen diesen unterschiedlichen Laufzeiten ist ein Maß für die mittlere Strömungsgeschwindigkeit in dem durch die Ultra-

schallwandler gebildeten Meßpfad. Bei den bekannten Laufzeit-Verfahren wird der Durchfluß durch das Meßrohr bestimmt, in dem der aus der Messung resultierende Wert für die mittlere Strömungsgeschwindigkeit mit einer Geschwindigkeitskonstanten und dem Querschnitt des Meßrohrs multipliziert wird. Die Geschwindigkeitskonstante repräsentiert die Abweichung von der entlang des Meßpfads bestimmten mittleren Strömungsgeschwindigkeit und der mittleren Geschwindigkeit über dem gesamten Querschnitt des Meßrohrs. Diese Geschwindigkeitskonstante wird bei den bekannten Ultraschall-Durchflußmeßverfahren entweder anhand der Reynoldszahl berechnet oder alternativ mit Hilfe einer Eichung oder anhand der mittleren Strömungsgeschwindigkeit entlang verschiedener Meßpfade experimentell ermittelt (vgl. Abschnitt 4.1.4.3 auf Seite 16 der VDI/VDE-RICHTLINIE 2642 "Ultraschall-Durchflußmessung von Flüssigkeiten in voll durchströmten Rohrleitungen").

Sowohl die analytische als auch die experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeitskonstante sind nicht dazu geeignet, den in der Regel komplizierten Strömungsverhältnissen innerhalb des Meßrohrs vollständig Rechnung zu tragen. Dies wiederum führt zu einer, z. B. im Vergleich zum magnetisch-induktiven Durchflußmeßverfahren, erheblich reduzierten Meßgenauigkeit. Demgegenüber steht die Tatsache, daß Ultraschall-Durchflußmeßgeräte einen weiteren Einsatzbereich haben als magnetisch-induktive Durchflußmeßgeräte, die eine Mindestleitfähigkeit des zu messenden strömenden Mediums voraussetzen. So können z. B. mit magnetisch-induktiven Durchflußmeßgeräten keine Öle gemessen werden. Somit ist die Erhöhung der Meßgenauigkeit von Ultraschall-Durchflußmessern von besonderem Interesse.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, durch eine bessere Berücksichtigung der Strömungsverhältnisse im Meßrohr eine Erhöhung der Meßgenauigkeit bei Ultraschall-Durchflußmessern zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß ist die zuvor hergeleitete und aufgezeigte Aufgabe dadurch gelöst, daß aus einer Dopplerverschiebung der an in dem strömenden Medium enthaltenen Inhomogenitäten entlang des Meßpfads reflektierten Ultraschallimpulse und der Laufzeit der reflektierten Ultraschallimpulse ein Strömungsprofil des strömenden Mediums bestimmt wird und anhand des so gewonnenen Strömungsprofils der Wert für die mittlere Strömungsgeschwindigkeit korrigiert wird. Das Dopplermessverfahren, welches auf dem Dopplereffekt beruht, wird hier als bekannt vorausgesetzt, — ergänzend wird verwiesen auf Abschnitt 6.1.5 der Literaturstelle H. Bernard "Ultraschall-Durchflußmessung", aaO, und die Abschnitte 3.3 und 4.2 der VDI/VDE-RICHTLINIE 2642 "Ultraschall-Durchflußmessung von Flüssigkeiten in voll durchströmten Rohrleitungen". Als Reflektoren dienen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die in aller Regel in einem strömenden Medium von Hause aus enthaltenen akustisch wirksamen Inhomogenitäten, wie etwa kleinere Festkörper oder Gaseinschlüsse. Werden die Ultraschallimpulse an diesen mitströmenden Inhomogenitäten reflektiert, so weisen die reflektierten Ultraschallimpulse aus dem Dopplereffekt resultierende Frequenzverschiebungen auf. Wertet man diese Frequenzverschiebungen in Verbindung mit den Laufzeiten aus, so gelangt man zu einem Strömungsprofil des strömenden Mediums entlang des Meßpfads. Dieses Strömungsprofil dient anschließend erfindungsge-

maß zur Korrektur der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und führt somit aufgrund der individuellen Berücksichtigung des aktuellen Strömungsprofils zu erheblich erhöhten Meßgenauigkeiten.

Auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ergibt sich teilweise kein über einen ausreichend weiten Bereich der Strömungsgeschwindigkeit linearer Zusammenhang zwischen der anhand des Verfahrens bestimmten mittleren Strömungsgeschwindigkeit und der Strömungsgeschwindigkeit über den Querschnitt des Meßrohres. Eine Linearisierung dieses Zusammenhanges läßt sich nur herstellen, indem die Korrektur der mittleren Strömungsgeschwindigkeit zusätzlich anhand bei einer Eichung gewonnener Daten, etwa anhand strömungsprofil- oder geschwindigkeitsabhängiger Kennzahlen bzw. Kennlinien-Felder, vorgenommen wird.

Eine besonders zweckmäßige Ausgestaltung erfährt die vorliegende Erfindung dadurch, daß die an Inhomogenitäten reflektierten Ultraschallimpulse in veränderlichen Zeitfenstern nach Aussenden des Ultraschallimpulses ausgewertet werden. Die Ausgestaltung stellt eine besonders einfache Möglichkeit dar, um das gewünschte Strömungsprofil über den Querschnitt des strömenden Mediums zu gewinnen. Der in Frage kommende Bereich für die Zeitfenster ergibt sich bei dem vorliegenden Verfahren ohne zusätzlichen Aufwand aus der Gesamtlaufzeit für die Ultraschallimpulse über den Meßpfad.

Die minimale Größe der sichtbaren Inhomogenitäten in dem strömenden Medium wird bei dem vorliegenden Verfahren durch die Wellenlänge der einen Ultraschallimpuls bildenden Ultraschallwellen bestimmt. Je geringer die Wellenlänge bzw. je größer die Frequenz umso kleinere Inhomogenitäten "sieht" der Ultraschallimpuls. Ergibt die Messung, daß zur Bestimmung des Strömungsprofils nicht ausreichend reflektierte Ultraschallimpulse empfangen werden, so kann dies dadurch behoben werden, daß die Trägerfrequenz der Ultraschallimpulse erhöht wird und somit auch kleinere Inhomogenitäten "sichtbar" werden.

Ein dem zuletzt beschriebenen Effekt gegenläufiger Effekt ist der, daß die Dämpfung der Ultraschallimpulse in dem strömenden Medium mit erhöhter Trägerfrequenz der Ultraschallimpulse zunimmt. Stellt man also bei einer Messung fest, daß zwar eine ausreichende Anzahl von Inhomogenitäten zur Bestimmung des Strömungsprofils vorhanden ist, jedoch die einzelnen reflektierten Ultraschallimpulse eine für eine genaue Auswertung zu geringe Amplitude aufweisen, so ist es vorteilhaft, in diesem Fall die Trägerfrequenz der Ultraschallimpulse zu reduzieren und somit die Dämpfung zu vermindern, was wiederum zu einer erhöhten Amplitude der reflektierten Ultraschallimpulse führt.

Ausgehend von einem Ultraschall-Durchflußmesser für strömende Medien zur Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens, mit einem Meßrohr und mit mindestens zwei am Meßrohr angebrachten, Ultraschallimpulse auf einen ersten Meßpfad abstrahlenden und vom ersten Meßpfad empfangenden Ultraschallwandler, wobei die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Mediums durch das Meßrohr aus der Laufzeitdifferenz der Ultraschallimpulse über dem Meßpfad und aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit der Durchfluß bestimmbar ist, ist die erfindungsgemäße Lehre dadurch realisiert, daß mindestens zwei weitere am Meßrohr angebrachte, Ultraschallimpulse auf einen zweiten Meßpfad abstrahlende und vom Meßpfad empfangende Ultraschallwandler vorgesehen sind und der erste Meß-

pfad und der zweite Meßpfad in unterschiedlichen Richtungen durch das Meßrohr verlaufen. Besonders vorteilhaft ist diese Ausgestaltung, da sie gewährleistet, daß auch unsymmetrische Strömungsprofile bei der Bestimmung des Durchflusses Berücksichtigung finden.

Als besonders geeignet hat sich die Maßnahme erwiesen, daß der erste Meßpfad und der zweite Meßpfad um die Achse des Meßrohres verdreht sind und einen Winkel größer  $0^\circ$  und kleiner  $180^\circ$  — vorzugsweise von  $90^\circ$  — einschließen. Selbstverständlich ist auch eine weitere Mehrzahl von Meßpfaden durch entsprechende Anordnung von Ultraschallwandlern möglich, um etwaige Strömungsunsymmetrien noch besser abzufangen.

Im einzelnen gibt es nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, den erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflußmesser auszugestalten und weiterzubilden; dies gilt insbesondere in bezug auf die Verwertung des gewonnenen Strömungsprofils im Rahmen einer Eichung. Dazu wird verwiesen einerseits auf die den Patentansprüchen 1 und 7 nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt,

Fig. 1 eine Funktionsskizze eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Lehre,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch das Meßrohr mit einer schematischen Darstellung der Bereiche unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten bei laminarer Strömung und einen Meßpfad gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lehre und

Fig. 3 einen Längsschnitt durch das Meßrohr mit einer schematischen Darstellung der Bereiche unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten bei laminarer Bestromung und zwei sich in einem Winkel von  $90^\circ$  kreuzende Meßpfaden gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lehre.

Die in Fig. 1 dargestellte Funktionsskizze eines ersten Ausführungsbeispiels zeigt ein Meßrohr 1 und zwei am Meßrohr 1 angebrachte, Ultraschallimpulse 2 auf einen Meßpfad 3 abstrahlende und vom Meßpfad 3 empfangende Ultraschallwandler 4, 5. Der in Fig. 1 grau hinterlegte Bereich 6 symbolisiert die Geschwindigkeitsverteilung einer laminaren Strömung innerhalb des Meßrohres 1. Gemäß den bekannten Laufzeit-Verfahren wird die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Mediums in dem Meßrohr 1 aus der Laufzeit der Ultraschallimpulse 2 über den Meßpfad 3 bestimmt. Da verschiedene Laufzeit-Verfahren bekannt sind, sind in Fig. 1 lediglich die von dem Ultraschallwandler 4 zum Ultraschallwandler 5 gesendeten Ultraschallimpulse 2 dargestellt. Alternierend oder gleichzeitig werden auch Ultraschallimpulse von dem Ultraschallwandler 5 zum Ultraschallwandler 4 ausgesandt. Aus den hieraus bestimmten Laufzeiten der Ultraschallimpulse 2 über den Meßpfad 3 wird nach bekannten Verfahren die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Mediums durch das Meßrohr 1 bestimmt und anschließend aus dieser mittleren Strömungsgeschwindigkeit der Durchfluß des Mediums errechnet.

In Fig. 1 ist weiter eine akustisch wirksame Inhomogenität 7 dargestellt, die sich mit der Strömung des Mediums mitbewegt und an der ein, hier von dem Ultraschallwandler 4 ausgesandter Ultraschallimpuls 8 reflektiert wurde. Dieser reflektierte Ultraschallimpuls 8 erfährt bei seiner Reflexion eine zweifache Dopplerverschiebung, so daß sich seine Trägerfrequenz proportional zu der Geschwindigkeit der Inhomogenität 7 von der Trägerfrequenz des ursprünglichen Ultraschallimpulses 2 unterscheidet. Wird dieser reflektierte Ultra-

schallimpuls 8 von dem Ultraschallwandler 4 registriert und die Trägerfrequenz ausgewertet, so läßt sich aus dem Abstand zwischen der Aussendung des Ultraschallimpulses 2 und dem Empfang des reflektierten Ultraschallimpulses 8 durch den Ultraschallwandler 4 die Geschwindigkeit der Inhomogenität 7 und damit sowohl die Geschwindigkeit des Mediums als auch die Position der Inhomogenität 7 innerhalb des Meßrohres 1 bestimmen. Werden nun mehrere solcher an Inhomogenitäten reflektierte Ultraschallimpulse 8 empfangen und ausgewertet, so läßt sich anhand der somit gesammelten Daten das Strömungsprofil des strömenden Mediums entlang des Meßpfads 3 bestimmen. Dieses Strömungsprofil läßt analytisch oder anhand von aus einer Eichung gewonnenen Kenndaten eine Korrektur des sich aus der Laufzeit der Ultraschallimpulse 2 über den Meßpfad 3 ergebenden mittleren Strömungsgeschwindigkeit des Mediums abhängig von dem Strömungsprofil innerhalb des Meßrohres 1 zu.

In Fig. 2 der Zeichnung ist der bereits in Fig. 1 der Zeichnung veranschaulichte Sachverhalt noch einmal aus einer anderen Perspektive dargestellt. Hier ist ein Querschnitt durch das Meßrohr 1 dargestellt, in welchem der Meßpfad 3 von rechts oben nach links unten im Meßrohr 1 verläuft. Wie man anhand von Fig. 2 erkennt, durchdringt der Meßpfad 2 bei diesem Verlauf eine Vielzahl von Strömungsschichten unterschiedlicher Geschwindigkeit, wobei hier der Fall einer laminaren Strömung dargestellt ist. Die Geschwindigkeit des strömenden Mediums nimmt konzentrisch von innen nach außen ab. Entsprechend ergibt sich eine unterschiedliche, auf dem Dopplereffekt beruhende Frequenzverschiebung an in unterschiedlichen Schalen strömenden Inhomogenitäten. Wie bereits erläutert, läßt sich aus der Laufzeit der reflektierten Ultraschallimpulse 8 der Abstand der Inhomogenität von einem Ultraschallwandler feststellen, so daß bekannt ist, in welcher "Schale" sich die Inhomogenität befindet, woraus sich in Verbindung mit der Dopplerverschiebung das Strömungsprofil ergibt.

Das der Fig. 3 zugrundeliegende zweite Ausführungsbeispiel eines Ultraschall-Durchflußmessers zur Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist zwei weitere, am hier nicht explizit dargestellten Meßrohr angebrachte, Ultraschallimpulse auf einen zweiten Meßpfad 9 abstrahlende und vom Meßpfad 9 empfangende Ultraschallwandler auf. In dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel sind der erste Meßpfad 3 und der zweite Meßpfad 9 um die Achse des Meßrohres 1 um einen Winkel von 90° verdreht. Durch diese Ausgestaltung ist gewährleistet, daß auch unsymmetrische Strömungsprofile erfaßt werden können, deren Einfluß auf die mittlere Strömungsgeschwindigkeit sich anhand des Strömungsprofils entlang eines einzigen Meßpfades nicht ausreichend korrigieren ließe. Je nach erwünschter Genauigkeit und erwarteter Kompliziertheit der Strömungsverhältnisse läßt sich die Anzahl der Meßpfade selbstverständlich auch über zwei Meßpfade hinaus erweitern.

#### Patentansprüche

1. Ultraschall-Durchflußmeßverfahren für strömende Medien, mit Hilfe eines Meßrohres und mit Hilfe mindestens zweier am Meßrohr angebrachter, Ultraschallimpulse auf mindestens einen Meßpfad abstrahlender und vom Meßpfad empfangender Ultraschallwandler, bei welchem die mittlere

Strömungsgeschwindigkeit des Mediums durch das Meßrohr aus der Laufzeit der Ultraschallimpulse über den Meßpfad und aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit der Durchfluß bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, daß aus einer Doppler-Verschiebung der an in dem strömenden Medium enthaltenen Inhomogenitäten entlang des Meßpfads reflektierten Ultraschallimpulse und der Laufzeit der reflektierten Ultraschallimpulse ein Strömungsprofil des strömenden Mediums bestimmt wird und anhand des so gewonnenen Strömungsprofils der Wert für die mittlere Strömungsgeschwindigkeit korrigiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur der mittleren Strömungsgeschwindigkeit anhand bei einer Eichung gewonnener Daten durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die an Inhomogenitäten reflektierten Ultraschallimpulse in veränderlichen Zeitfenstern nach aussenden des Ultraschallimpulses ausgewertet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Bereich für die Zeitfenster aus der Laufzeit für die Ultraschallimpulse über den gesamten Meßpfad bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer zu geringen Anzahl von an Inhomogenitäten reflektierten Ultraschallimpulsen die Trägerfrequenz der Ultraschallimpulse erhöht wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer zu geringen Amplitude der an Inhomogenitäten reflektierten Ultraschallimpulse die Trägerfrequenz der Ultraschallimpulse reduziert wird.

7. Ultraschall-Durchflußmesser für strömende Medien zur Verwirklichung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einem Meßrohr (1) und mit mindestens zwei am Meßrohr (1) angebrachten, Ultraschallimpulse (2) auf einen ersten Meßpfad (3) abstrahlenden und vom ersten Meßpfad (3) empfangenen Ultraschallwandler (4, 5), wobei die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Mediums durch das Meßrohr (1) aus der Laufzeitdifferenz der Ultraschallimpulse (2) über den Meßpfad (3) und aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit der Durchfluß bestimmbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei weitere, am Meßrohr (1) angebrachte Ultraschallimpulse auf einen zweiten Meßpfad (9) abstrahlende und vom zweiten Meßpfad (9) empfangende Ultraschallwandler vorgesehen sind und der erste Meßpfad (3) und der zweite Meßpfad (9) in unterschiedlichen Richtungen durch das Meßrohr (1) verlaufen.

8. Ultraschall-Durchflußmesser nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Meßpfad (3) und der zweite Meßpfad (9) um die Achse des Meßrohres (1) verdreht sind und einen Winkel größer 0° und kleiner 180° — vorzugsweise von 90° — einschließen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

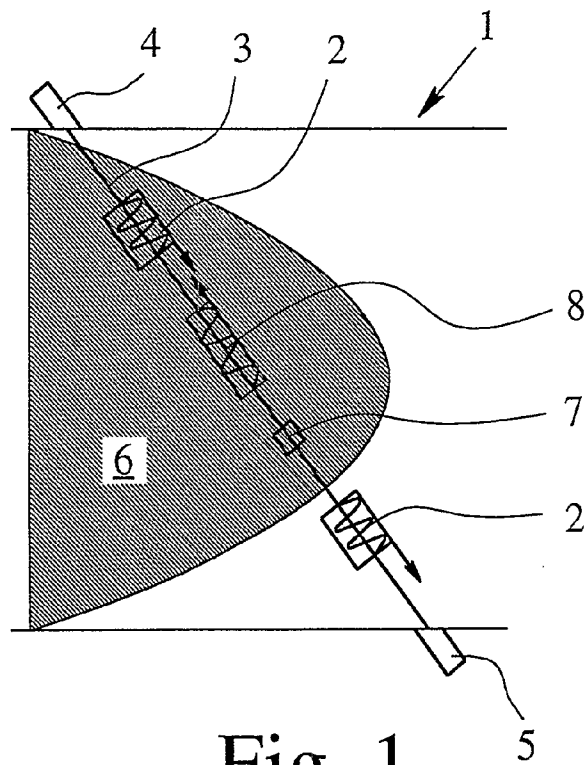


Fig. 1

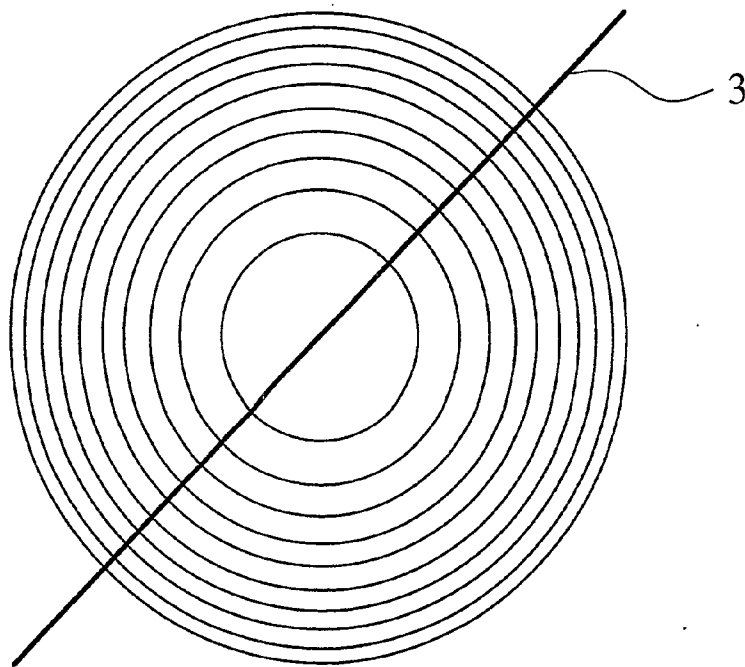


Fig. 2

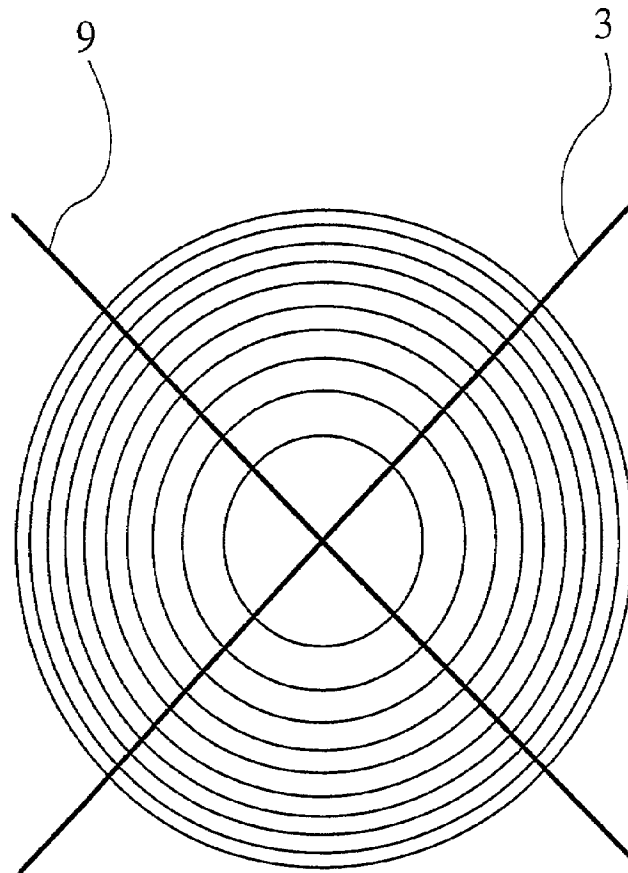


Fig. 3